

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 03 MARS 2005

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**DOCUMENT DE PRIORITÉ**

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Pétersbourg  
75800 Paris Cédex 08  
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: DATE DE DÉPÔT:	Michel DE BEAUMONT CABINET MICHEL DE BEAUMONT 1, rue Champollion 38000 GRENOBLE France
Vos références pour ce dossier: B6315	

<b>1 NATURE DE LA DEMANDE</b>			
Demande de brevet			
<b>2 TITRE DE L'INVENTION</b>			
		PROCÉDE ET DISPOSITIF DE FABRICATION DE MONOCRISTAUX	
<b>3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE</b>		Pays ou organisation	Date N°
<b>4-1 DEMANDEUR</b>			
Nom	CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE		
Rue	3, RUE MICHEL ANGE		
Code postal et ville	75794 PARIS CEDEX 16		
Pays	France		
Nationalité	France		
Forme juridique	Etablissement public		
<b>5A MANDATAIRE</b>			
Nom	DE BEAUMONT		
Prénom	Michel		
Qualité	CPI: 92-1016, Pas de pouvoir		
Cabinet ou Société	CABINET MICHEL DE BEAUMONT		
Rue	1, rue Champollion		
Code postal et ville	38000 GRENOBLE		
N° de téléphone	0476518451		
N° de télécopie	0476446254		
Courrier électronique	cab.beaumont@wanadoo.fr		
<b>6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS</b>		Fichier électronique	Pages Détails
Texte du brevet	textebrevet.pdf	15	D 11, R 3, AB 1
Dessins	dessins.pdf	2	page 2, figures 6, Abrégé: page 2, Fig.4
Désignation d'inventeurs			

<b>7 MODE DE PAIEMENT</b>					
Mode de paiement		Prélèvement du compte courant			
Numéro du compte client		665			
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>					
Etablissement immédiat					
<b>9 REDEVANCES JOINTES</b>		Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt		EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)		EURO	320.00	1.00	320.00
Total à acquitter		EURO			320.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

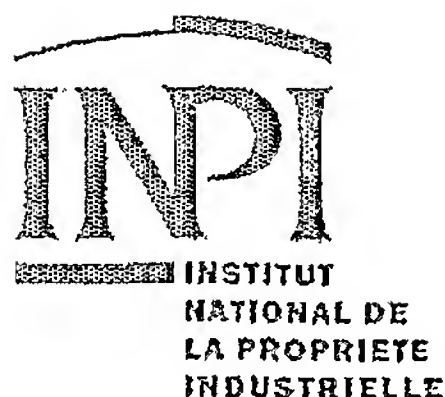
Signé par

Signataire: FR, Cabinet Michel de Beaumont, M.De Beaumont

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)



## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

### Réception électronique d'une soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet : X

Demande de CU :

<b>DATE DE RECEPTION</b>	30 janvier 2004
<b>TYPE DE DEPOT</b>	INPI (PARIS) - Dépôt électronique Dépôt en ligne: X Dépôt sur support CD:
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI</b>	0450177
<b>Vos références pour ce dossier</b>	B6315

#### DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale	CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Nombre de demandeur(s)	1
Pays	FR

#### TITRE DE L'INVENTION

PROCEDE ET DISPOSITIF DE FABRICATION DE MONOCRISTAUX
--

#### DOCUMENTS ENVOYES

package-data.xml	Requetefr.PDF	fee-sheet.xml
Design.PDF	ValidLog.PDF	textebrevet.pdf
FR-office-specific-info.xml	application-body.xml	request.xml
dessins.pdf	indication-bio-deposit.xml	

#### EFFECTUE PAR

Effectué par:	M.De Beaumont
Date et heure de réception électronique:	30 janvier 2004 15:01:48
Empreinte officielle du dépôt	BA:FF:EC:B1:90:A5:A3:7E:45:9D:50:76:EB:6D:29:66:95:68:80:97

/ INPI PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL  
INSTITUT 26 bis, rue de Saint Petersburg  
NATIONAL DE 75800 PARIS cedex 08  
LA PROPRIETE Téléphone : 01 53 04 53 04  
INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 59 30

## PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE FABRICATION DE MONOCRISTAUX

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de fabrication de monocristaux par solidification d'un liquide mis en présence d'un solide monocristallin.

Une première application de la présente invention  
5 concerne un dispositif de fabrication de monocristaux comprenant un creuset dans lequel sont placés un germe du monocristal à former et une phase liquide du cristal. Le liquide est progressivement refroidi à partir de la région à proximité du germe. Le liquide se solidifie d'abord près du germe, puis  
10 l'interface liquide-solide se déplace à l'intérieur du creuset jusqu'à ce que la solidification soit complète. Comme le solide nouvellement formé reproduit la structure cristallographique du solide adjacent formé auparavant, le germe impose de proche en proche sa structure cristallographique à l'ensemble du contenu  
15 du creuset.

Un problème d'un tel procédé est cependant lié aux différences de dilatations thermiques entre le creuset et le cristal qu'il contient. En effet, si le creuset se contracte plus que le cristal pendant le refroidissement, le monocristal  
20 risque d'être endommagé ou même fracturé. Il est, en outre, alors difficile d'extraire le monocristal du creuset, qui doit généralement être détruit. Si le cristal se contracte plus que

le creuset, le cristal ne reste pas forcément intact non plus car il tend généralement à adhérer au creuset après la solidification, et risque donc de subir des contraintes de traction lors du refroidissement.

5 La figure 1 représente schématiquement un dispositif de fabrication de monocristaux qui ne présente pas l'inconvénient précédemment mentionné. Le dispositif comprend un creuset 1 cylindrique contenant une phase solide monocristalline 2 à sa partie inférieure et une phase liquide 3 à solidifier au dessus  
10 d'une interface 4 avec la phase solide 2. La phase liquide 3 baigne la paroi du creuset 1, tandis que la phase solide 2 est séparée de la paroi du creuset 1 par un interstice 5. Un conduit supérieur 6 débouche dans le creuset 1 au-dessus de la surface libre de la phase liquide 3, et un conduit inférieur 7 débouche  
15 également dans le creuset 1, au niveau de l'interstice 5. Les conduits 6 et 7 se réunissent au niveau d'un système 8 adapté à créer une pression différentielle de sorte que la pression injectée dans le conduit inférieur 7 est supérieure à celle du conduit supérieur 6 d'une valeur sensiblement égale à la  
20 pression hydrostatique de la phase liquide 3, c'est-à-dire à la pression produite par la hauteur de la colonne de liquide 3. L'interstice 5 apparaît spontanément dans ces conditions quand le cristal se solidifie, l'interface 4 se raccordant à la paroi du creuset 1 par un ménisque 10 au-dessus de l'interstice 5. Un  
25 tel exemple de dispositif de fabrication de monocristaux est décrit dans la demande de brevet français 2 757 184 déposée au nom du Commissariat à l'Energie Atomique.

La figure 2 représente un écorché partiel d'une variante du dispositif de fabrication de monocristaux de la figure 1 dans  
30 lequel le creuset 11 est constitué d'une ampoule hermétiquement scellée placée sur un support 12. Une phase solide 13 monocristalline est fixée au support 12 dans le creuset 11 et est recouverte d'une phase liquide 14. Un premier four 15 entoure le creuset 11 sensiblement en vis-à-vis de la phase liquide 14. Un  
35 deuxième four 16 entoure le creuset 11 sensiblement en vis-à-vis



de la phase solide 13. Les premier et deuxième fours 15, 16 imposent un gradient de température localisé dans le creuset 11 entraînant la solidification de la phase liquide 14 au niveau de l'interface liquide-solide. Au fur et à mesure de la solidi-  
 5 fication de la phase liquide 14, le creuset hermétique 11 est déplacé par mouvement du support 12 de sorte que l'interface liquide-solide est sensiblement fixe par rapport aux premier et deuxième fours 15, 16 et se trouve en permanence au niveau du gradient de température. Un interstice 17 existe entre la phase  
 10 solide 13 et le creuset 11. La phase liquide 14 relie la phase solide 13 au creuset 11 par un ménisque 18. L'interstice 17 est rempli d'un gaz neutre qui assure le maintien du ménisque 18. La pression du gaz neutre est fixée par l'intermédiaire d'un troisième four 19 qui chauffe la partie inférieure du creuset  
 15 11. Un tel exemple de dispositif de fabrication de monocristaux est décrit dans la demande de brevet français 2 806 100 déposée au nom du Commissariat à l'Energie Atomique.

Les dispositifs de fabrication de monocristaux précédemment décrits permettent d'éviter le contact entre le creuset  
 20 et le monocristal. Toutefois, l'utilisation de tels dispositifs est délicate. En effet, la différence entre les pressions appliquées sur le ménisque 10, 18 et sur la surface libre de la phase liquide doit diminuer au fur et à mesure de la croissance du cristal puisque la hauteur de la colonne liquide 3, 14, et donc  
 25 la pression hydrostatique résultante, diminue. En outre, le composant ou les composants constituant la phase liquide 3, 14 ont des tensions de vapeur qui peuvent être élevées. Ceci peut se traduire par des échanges gazeux non négligeables entre la phase liquide 3, 14 et le gaz environnant, au niveau du ménisque  
 30 10, 18 et au niveau de la surface libre de la phase liquide 3, 14. De tels échanges compliquent le contrôle du procédé de fabrication du monocristal puisqu'ils tendent à modifier la différence entre les pressions appliquées sur le ménisque 10, 18 et sur la surface libre de la phase liquide 3, 14. De plus, pour  
 35 un monocristal comprenant plusieurs composants, de tels échanges



gazeux tendent à modifier la proportion des composants dans la phase liquide 3, 14. Le monocristal obtenu peut alors ne pas avoir la composition souhaitée. Il est donc nécessaire de tenir compte des tensions de vapeur des composants de la phase liquide 3, 14 pour déterminer la différence de pression à appliquer, ce qui s'avère être très délicat en pratique, voire même contraire à l'obtention de l'interstice 5.

Une autre application de la présente invention concerne un dispositif de fabrication de plaques monocristallines, par exemple en silicium monocristallin.

La figure 3 représente schématiquement un tel dispositif comprenant une filière 20, par exemple de forme parallélépipédique aplatie, traversée par un alésage (non représenté). Une extrémité de la filière 20 est en contact avec une source de liquide (non représentée) contenant le composant ou les composants à solidifier pour obtenir le monocristal. Le liquide remonte par capillarité dans l'alésage de la filière 20 jusqu'à une face 21 de la filière 20, ayant par exemple la forme d'un rectangle allongé, opposée à la source de liquide et forme une zone liquide 22 recouvrant plus ou moins la face 21 (en figure 3, la face 21 est représentée, à titre d'exemple, complètement recouverte de la zone liquide 22). Un germe solide monocristallin est mis en contact avec la zone liquide 22. Des moyens de chauffage (non représentés) imposent un gradient de température au niveau de la face 21 de sorte que la zone liquide 22 se solidifie au contact du germe. Le germe est alors éloigné de la filière 20 dans une direction indiquée par la flèche 23. L'interface liquide-solide étant maintenue à proximité de la face 21, on forme alors une plaque monocristalline 26 de largeur W et d'épaisseur T au fur et à mesure de l'éloignement du germe.

Il n'est pas possible de contrôler avec précision la forme de la surface libre de la zone liquide 22, en particulier au niveau des extrémités latérales 27, 28 de la zone liquide 22. En effet, les forces de tension superficielle à la surface libre de la zone liquide 22 tendent à rapprocher les extrémités 27, 28

du centre de la zone liquide 22. Ceci peut entraîner des variations de la forme de la zone liquide 22 au niveau des extrémités 27, 28, modifiant la largeur W de la plaque 26 au fur et à mesure de la croissance du monocristal.

5 La présente invention vise à obtenir un dispositif de fabrication de monocristaux par solidification d'un liquide mis en présence d'un germe monocristallin ne présentant pas les inconvénients précédemment mentionnés.

10 Pour atteindre cet objet, la présente invention prévoit un dispositif de fabrication d'une phase solide monocristalline par solidification d'une phase liquide, comprenant une enceinte contenant au moins une partie de la phase liquide et dont au moins une paroi est destinée à être en contact avec la phase liquide ; un moyen de chauffage de la phase liquide adapté à  
15 créer un gradient thermique au niveau d'une interface entre la phase liquide et la phase solide, le dispositif comprenant en outre un moyen de génération d'un champ électromagnétique, distinct du moyen de chauffage, pour appliquer une pression électromagnétique sur la surface de jonction de la phase liquide  
20 au niveau de ladite interface.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'enceinte est un creuset adapté à contenir la phase solide et la phase liquide, la phase liquide étant en contact avec le creuset et la phase solide étant séparée du creuset par un interstice, le  
25 moyen de génération du champ électromagnétique comprenant au moins une spire entourant le creuset, et placée en vis-à-vis de la zone dans laquelle se forme en fonctionnement ladite interface.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le creuset est adapté à contenir la phase liquide disposée au dessus de la  
30 phase solide, le dispositif comprenant en outre un moyen pour appliquer une première pression de gaz sur la surface de jonction et une seconde pression de gaz sur une surface libre de la phase liquide opposée à la phase solide, la première pression de gaz étant supérieure à la seconde pression de gaz.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'enceinte est une filière comprenant une ouverture, ayant une section allongée selon une direction privilégiée, destinée à contenir une partie de la phase liquide, le dispositif comprenant un  
5 moyen pour placer la phase solide en vis-à-vis de l'ouverture, la surface de jonction s'étendant entre la périphérie de l'ouverture et la phase solide.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le moyen de génération du champ électromagnétique comprend au moins deux  
10 spires qui s'étendent, chacune, en vis-à-vis d'une partie du bord de l'ouverture s'étendant selon la direction privilégiée.

La présente invention prévoit également un procédé de fabrication d'une phase solide monocristalline par solidification d'une phase liquide comprenant les étapes consistant à  
15 prévoir une enceinte contenant au moins une partie de la phase liquide et dont au moins une paroi est en contact avec la phase liquide ; à appliquer un gradient thermique au niveau d'une interface entre la phase liquide et la phase solide ; et à appliquer simultanément une pression électromagnétique sur la  
20 surface de jonction de la phase liquide au niveau de ladite interface.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'enceinte est un creuset contenant la phase solide et la phase liquide, la phase liquide étant située au dessus de la phase solide et étant en contact avec le creuset, la phase solide étant séparée du  
25 creuset par un interstice, le procédé consistant à appliquer une pression électromagnétique sur toute la surface de jonction.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le procédé comprend une étape consistant à appliquer une première pression de gaz sur la surface de jonction et une seconde pression de gaz  
30 sur une surface libre de la phase liquide opposée à la phase solide, la première pression de gaz étant supérieure à la seconde pression de gaz.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'enceinte est une filière comprenant une ouverture ayant une section  
35 allongée qui s'étend selon une direction privilégiée, le procédé

comprenant les étapes consistant à remplir l'ouverture d'une partie de la phase liquide ; à placer la phase solide en vis-à-vis de l'ouverture, la surface de jonction s'étendant entre la périphérie de l'ouverture et la phase solide ; à appliquer un  
5 gradient thermique au niveau d'une interface entre la phase liquide et la phase solide pour solidifier la phase liquide au niveau de l'interface ; et à appliquer simultanément une pression électromagnétique sur les parties de la surface de jonction en contact avec la filière au niveau des bords de l'ouverture  
10 s'étendant selon la direction privilégiée.

Cet objet, ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante d'exemples de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes  
15 parmi lesquelles :

la figure 1, précédemment décrite, représente schématiquement un dispositif classique de fabrication de monocristaux ;

la figure 2, précédemment décrite, représente schématiquement une variante du dispositif de la figure 1 ;  
20

la figure 3, précédemment décrite, représente schématiquement un autre dispositif classique de fabrication de monocristaux ;

la figure 4 représente schématiquement un exemple de réalisation du dispositif de fabrication de monocristaux selon l'invention ;  
25

la figure 5 représente schématiquement une variante de réalisation du dispositif de la figure 4 ; et

la figure 6 représente schématiquement un autre exemple de réalisation du dispositif de fabrication de monocristaux selon l'invention.  
30

Un premier exemple de réalisation de la présente invention va être décrit pour un dispositif de fabrication de monocristaux analogue à ceux représentés aux figures 1 et 2. Un  
35 tel dispositif de fabrication de monocristaux permet notamment



d'obtenir des monocristaux semiconducteurs des familles II-VI (cristal de cadmium et de tellure CdTe) et III-V (cristal de gallium et d'arsenic GaAs, cristal d'indium et de phosphore InP, cristal de gallium et d'antimoine GaSb, cristal d'indium et d'antimoine InSb, etc...).

La figure 4 représente un creuset 40 contenant une phase solide monocristalline 42, séparée du creuset 40 par un interstice 43, et surmontée, selon la direction verticale, d'une phase liquide 44 à partir de laquelle est formé le monocristal. La phase liquide 44 est en contact avec la phase solide 42 au niveau d'une interface liquide-solide 46, et baigne le creuset 40. Au niveau de l'interstice 43, la phase liquide 44 est délimitée par un ménisque 48 qui s'étend entre l'interface liquide-solide 46 et le creuset 40.

Une spire 50 de section circulaire, disposée à l'extérieur du creuset 40, entoure le creuset 40 en vis-à-vis de l'interface liquide-solide 46. La spire 50 est traversée par un courant alternatif qui induit un champ électromagnétique, notamment au niveau du ménisque 48, ce qui se traduit par l'application d'une pression électromagnétique sur le ménisque 48. A titre d'exemple, la direction de la pression électromagnétique appliquée au niveau de la partie médiane du ménisque 48 est indiquée par une flèche 52 en figure 4. La pression électromagnétique est sensiblement de l'ordre de  $B^2/2\mu$ , où B est l'amplitude moyenne du champ électromagnétique au niveau du ménisque 48 et  $\mu$  est la perméabilité magnétique de la phase liquide 44. La demanderesse a mis en évidence que lorsque la spire 50 est parcourue par un courant alternatif de 1000 ampères à 50 000 hertz, la pression électromagnétique appliquée sur la phase liquide 44 est suffisante pour former le ménisque 48 dans un interstice 43 de quelques dizaines de micromètres d'épaisseur et pour une pression hydrostatique de la colonne liquide 44 correspondant à une dizaine de centimètres de semiconducteur fondu même en l'absence d'une différence entre les pressions de gaz appliquées sur le ménisque 48 et sur la surface libre de la

phase liquide 44. Ceci est particulièrement avantageux dans le cas où il est souhaitable de former le monocristal sous vide.

Lorsqu'on impose une différence entre les pressions appliquées sur le ménisque 48 et sur la surface libre de la phase liquide 44, un courant alternatif d'amplitude nettement inférieure à 1000 ampères est suffisant pour assurer la formation et le maintien du ménisque 48. Il peut être souhaitable de ne pas utiliser des champs électromagnétiques d'intensité trop élevées pour éviter un échauffement et/ou un brassage hydrodynamique trop important de la phase liquide 44, ce qui peut nuire à l'obtention d'un monocristal de bonne qualité. Il peut donc être préférable d'utiliser un procédé mettant en oeuvre simultanément une différence de pression de gaz comme pour les dispositifs représentés aux figures 1 ou 2, et la génération d'un champ électromagnétique localisé au niveau du ménisque 48. L'amplitude de la différence de pression de gaz et l'amplitude du champ électromagnétique présent au niveau du ménisque 48 sont notamment déterminées en fonction de la forme particulière du ménisque souhaitée. En particulier, la régulation de la différence de pression de gaz est facilitée par la présence de la pression électromagnétique qui participe à la formation et au maintien du ménisque 48.

La phase solide 42 peut être déplacée au fur et à mesure de la solidification de la phase liquide 44 de façon que l'interface liquide-solide 46 reste sensiblement fixe par rapport au creuset 40. La spire 50 est alors sensiblement fixe par rapport au creuset 40 en vis-à-vis de l'interface liquide-solide 46. Inversement, les moyens de chauffage des phases solide 42 et liquide 44 peuvent être mobiles par rapport au creuset 40 entraînant un déplacement de l'interface liquide-solide 46 relativement au creuset 40 au fur et à mesure de la solidification de la phase liquide 44. Le dispositif selon l'invention comprend alors un moyen, non représenté, pour déplacer la spire 50 de façon que la spire 50 se trouve en

permanence, par rapport au creuset 40, au niveau de l'interface liquide-solide 46.

La figure 5 représente une variante de réalisation du dispositif de fabrication de monocristaux de la figure 4 dans lequel la phase liquide 44 est prévue dans le creuset 40 en dessous de la phase solide 42. Un moyen adapté, non représenté, maintient alors la phase solide 42 fixe par rapport au creuset 40. Un tel dispositif de fabrication de monocristaux est généralement appelé dispositif à croissance de Bridgman vertical inverse. Dans ce cas, le ménisque 48 a tendance à se former spontanément, sans pression de gaz. Le champ électromagnétique formé par la spire 50 permet de stabiliser et contrôler la forme du ménisque 48.

Un autre exemple de réalisation de la présente invention va maintenant être décrit pour un dispositif de fabrication de monocristaux analogue à celui représenté à la figure 3.

Comme cela est représenté en figure 6, le dispositif comprend deux spires 60, 62 disposées de part et d'autre de la zone liquide 22, chacun sensiblement en vis-à-vis de la surface de la zone liquide 22 dans le prolongement du bord extérieur de plus grande dimension de la face 21 de la filière 20. Un courant alternatif traverse chaque spire 60, 62 entraînant l'application d'une pression électromagnétique sur la surface libre de la zone liquide 22. La pression électromagnétique se traduit globalement par l'application de deux forces, au niveau des extrémités 27, 28 de la zone liquide 22, dont les directions sont indiquées par des flèches 64, 66. De telles forces s'opposent aux forces de tension superficielle qui tendent à rapprocher les extrémités 27, 28 de la zone liquide 22 vers le centre de la zone liquide 22. La pression électromagnétique permet alors de contrôler avec précision la forme de la surface libre de la zone liquide 22 au niveau des extrémités 27, 28 et donc de contrôler avec précision la largeur W de la plaque monocristalline 26 obtenue.

Dans les exemples de réalisation précédemment décrits, le creuset 40 et la filière 20 correspondent chacun à une



enceinte contenant une partie de la phase liquide. Dans le cas du creuset, il s'agit de la totalité de la phase liquide, et dans le cas de la filière, il s'agit de la portion de la phase liquide qui s'écoule dans l'alésage traversant la filière.

- 5            Dans les exemples de réalisation précédemment décrits, la spire utilisée est de section circulaire. La section de la spire peut être toutefois modifiée en fonction du champ électromagnétique que l'on souhaite obtenir. A titre d'exemple, la spire peut avoir une section "en pointe", la pointe étant orientée
- 10 vers la surface de la phase liquide sur laquelle on souhaite appliquer une pression électromagnétique. Une telle section favorise l'augmentation de l'amplitude moyenne du champ électromagnétique au niveau de la surface de la phase liquide sur laquelle on souhaite appliquer la pression électromagnétique.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de fabrication d'une phase solide monocristalline (26 ; 42) par solidification d'une phase liquide (22 ; 44), comprenant :

5 une enceinte (20 ; 40) contenant au moins une partie de la phase liquide et dont au moins une paroi (21) est destinée à être en contact avec la phase liquide ;

un moyen de chauffage de la phase liquide adapté à créer un gradient thermique au niveau d'une interface (46) entre la phase liquide et la phase solide,

10 caractérisé en ce qu'il comprend :

un moyen de génération d'un champ électromagnétique (50, 60, 62), distinct du moyen de chauffage, pour appliquer une pression électromagnétique sur la surface de jonction (48) de la phase liquide au niveau de ladite interface.

15 2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel l'enceinte est un creuset (40) adapté à contenir la phase solide (42) et la phase liquide (44), la phase liquide étant en contact avec le creuset et la phase solide étant séparée du creuset par un interstice (43), et dans lequel le moyen de génération du  
20 champ électromagnétique comprend au moins une spire (50) entourant le creuset, et placée en vis-à-vis de la zone dans laquelle se forme en fonctionnement ladite interface (46).

3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le creuset (40) est adapté à contenir la phase liquide (44)  
25 disposée au dessus de la phase solide (42), le dispositif comprenant en outre un moyen pour appliquer une première pression de gaz sur la surface de jonction (48) et une seconde pression de gaz sur une surface libre de la phase liquide (44) opposée à la phase solide (42), la première pression de gaz  
30 étant supérieure à la seconde pression de gaz.

4. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel l'enceinte est une filière (20) comprenant une ouverture, ayant une section allongée selon une direction privilégiée, destinée à contenir une partie de la phase liquide (22), le dispositif

comprenant un moyen pour placer la phase solide (26) en vis-à-vis de l'ouverture, la surface de jonction s'étendant entre la périphérie de l'ouverture et la phase solide.

5 5. Dispositif selon la revendication 4, dans lequel le moyen de génération du champ électromagnétique comprend au moins deux spires (60, 62) qui s'étendent, chacune, en vis-à-vis d'une partie du bord de l'ouverture s'étendant selon la direction privilégiée.

10 6. Procédé de fabrication d'une phase solide monocristalline (26 ; 42) par solidification d'une phase liquide (22 ; 44) comprenant les étapes suivantes :

prévoir une enceinte (20 ; 40) contenant au moins une partie de la phase liquide et dont au moins une paroi est en contact avec la phase liquide ;

15 appliquer un gradient thermique au niveau d'une interface (46) entre la phase liquide et la phase solide ; et

appliquer simultanément une pression électromagnétique sur la surface de jonction (48) de la phase liquide au niveau de ladite interface.

20 7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel l'enceinte est un creuset (40) contenant la phase solide (42) et la phase liquide (44), la phase liquide (44) étant située au dessus de la phase solide (42) et étant en contact avec le creuset, la phase solide étant séparée du creuset par un interstice (43), le procédé consistant à appliquer une pression électromagnétique sur toute la surface de jonction (48).

30 8. Procédé selon la revendication 7, consistant à appliquer une première pression de gaz sur la surface de jonction (48) et une seconde pression de gaz sur une surface libre de la phase liquide (44) opposée à la phase solide (42), la première pression de gaz étant supérieure à la seconde pression de gaz.

9. Procédé selon la revendication 6, dans lequel l'enceinte est une filière (20) comprenant une ouverture ayant

une section allongée qui s'étend selon une direction privilégiée, le procédé comprenant les étapes suivantes :

remplir l'ouverture d'une partie de la phase liquide (22) ;

- 5            placer la phase solide (26) en vis-à-vis de l'ouverture, la surface de jonction s'étendant entre la périphérie de l'ouverture et la phase solide ;

- appliquer un gradient thermique au niveau d'une interface (46) entre la phase liquide et la phase solide pour solidifier la phase liquide au niveau de l'interface ; et
- 10

            appliquer simultanément une pression électromagnétique sur les parties de la surface de jonction en contact avec la filière au niveau des bords de l'ouverture s'étendant selon la direction privilégiée.

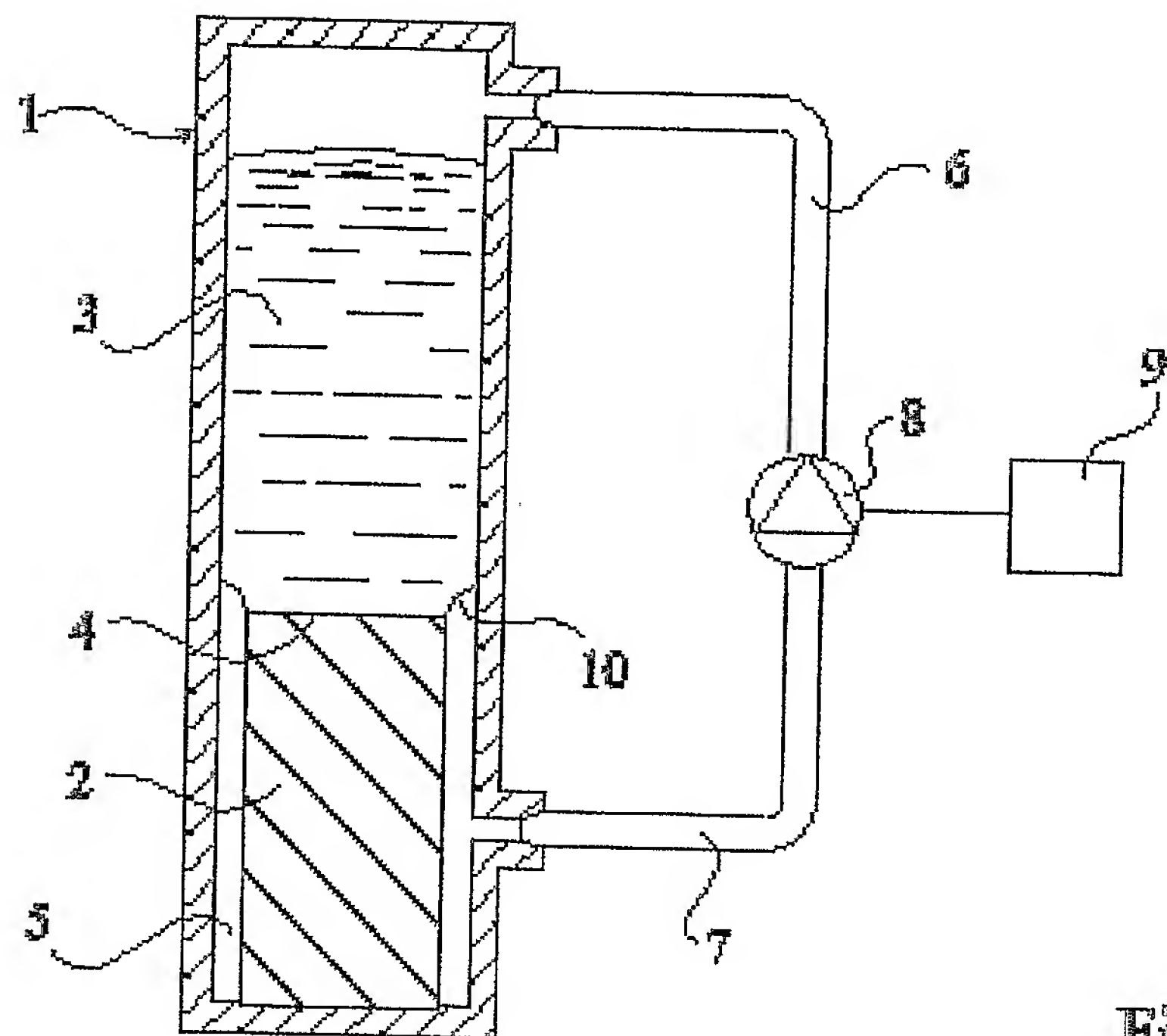


Fig 1

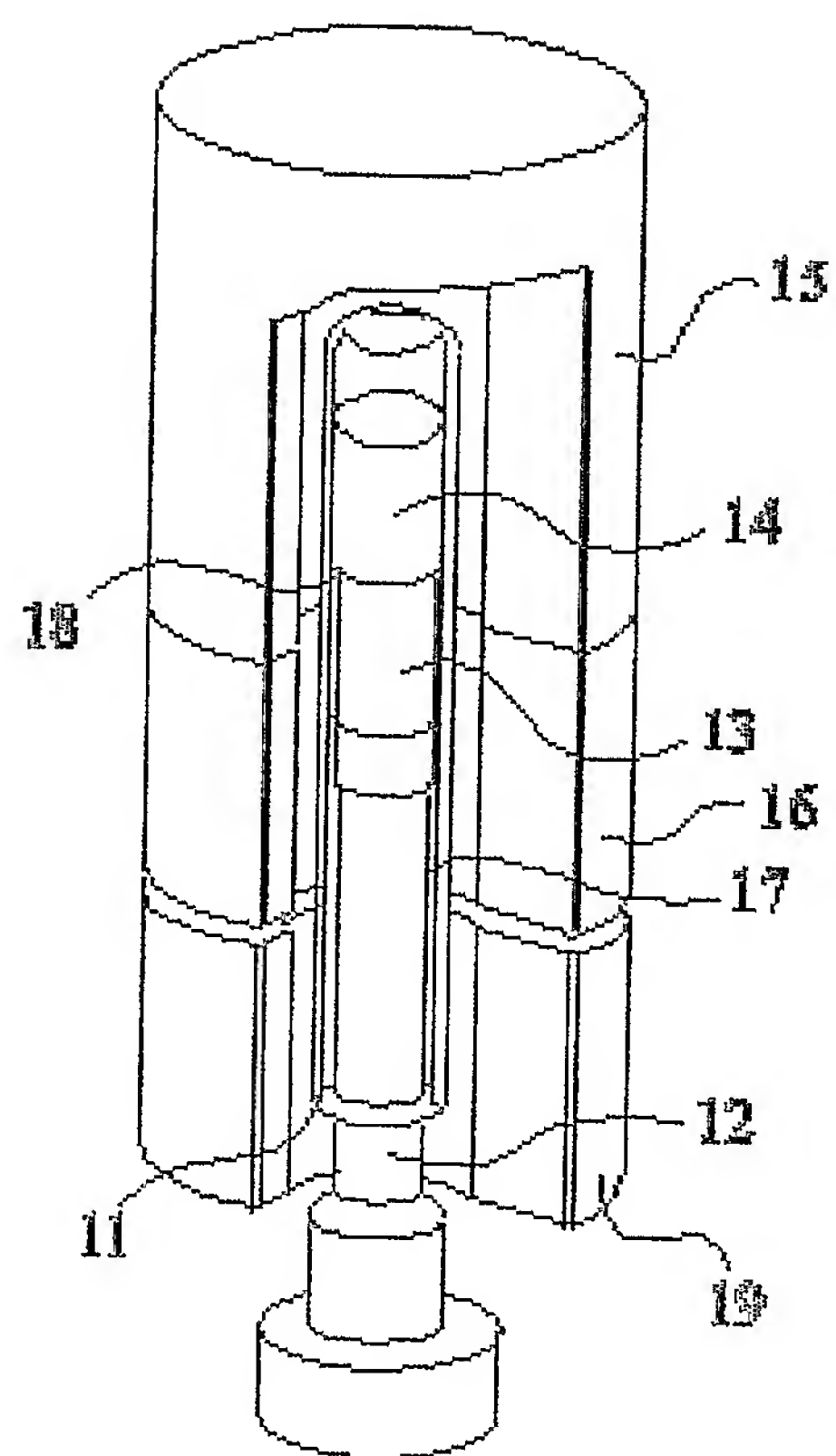


Fig 2

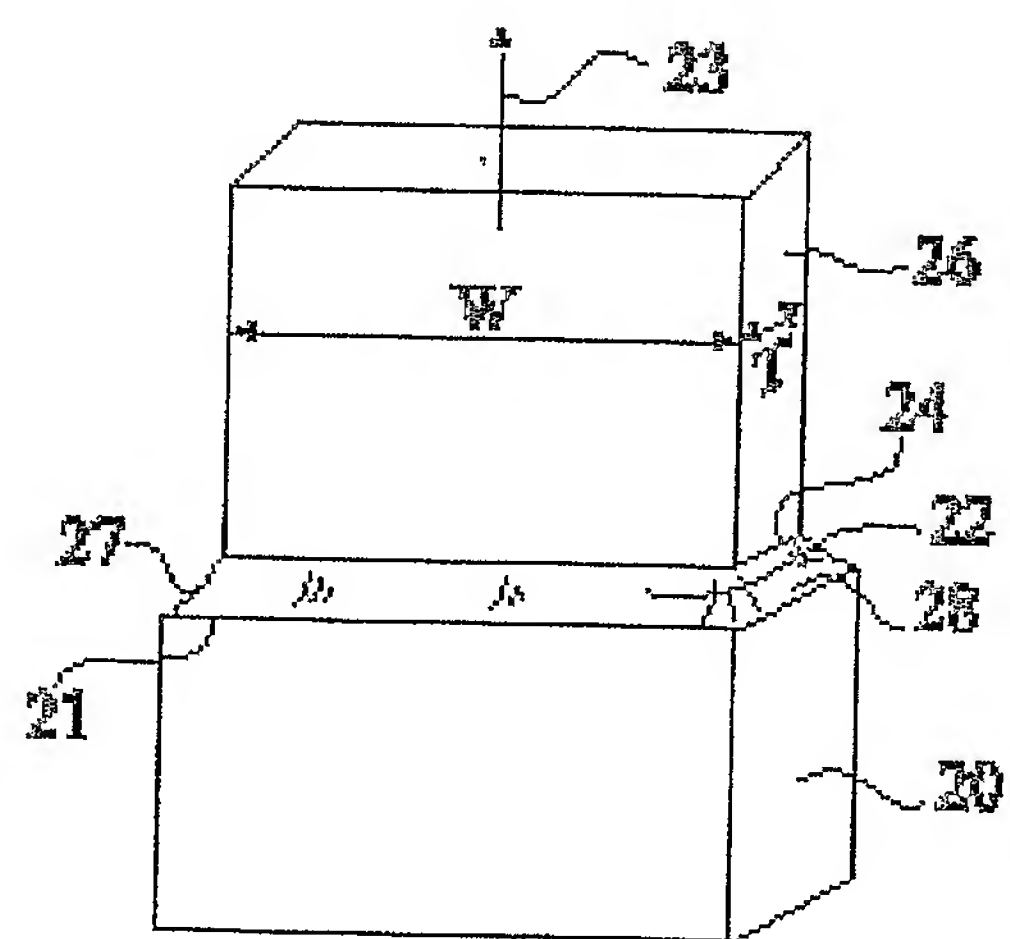


Fig 3

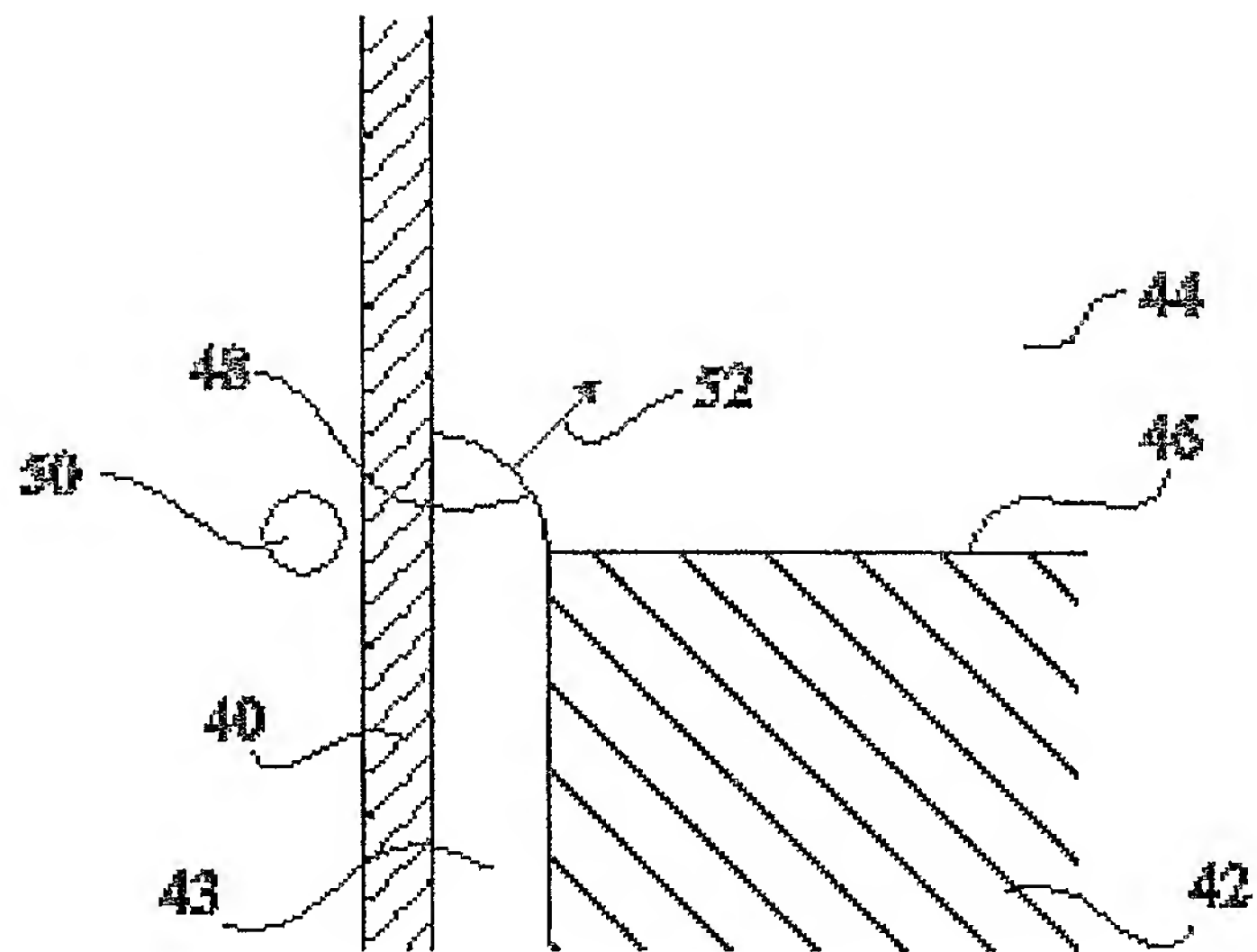


Fig 4

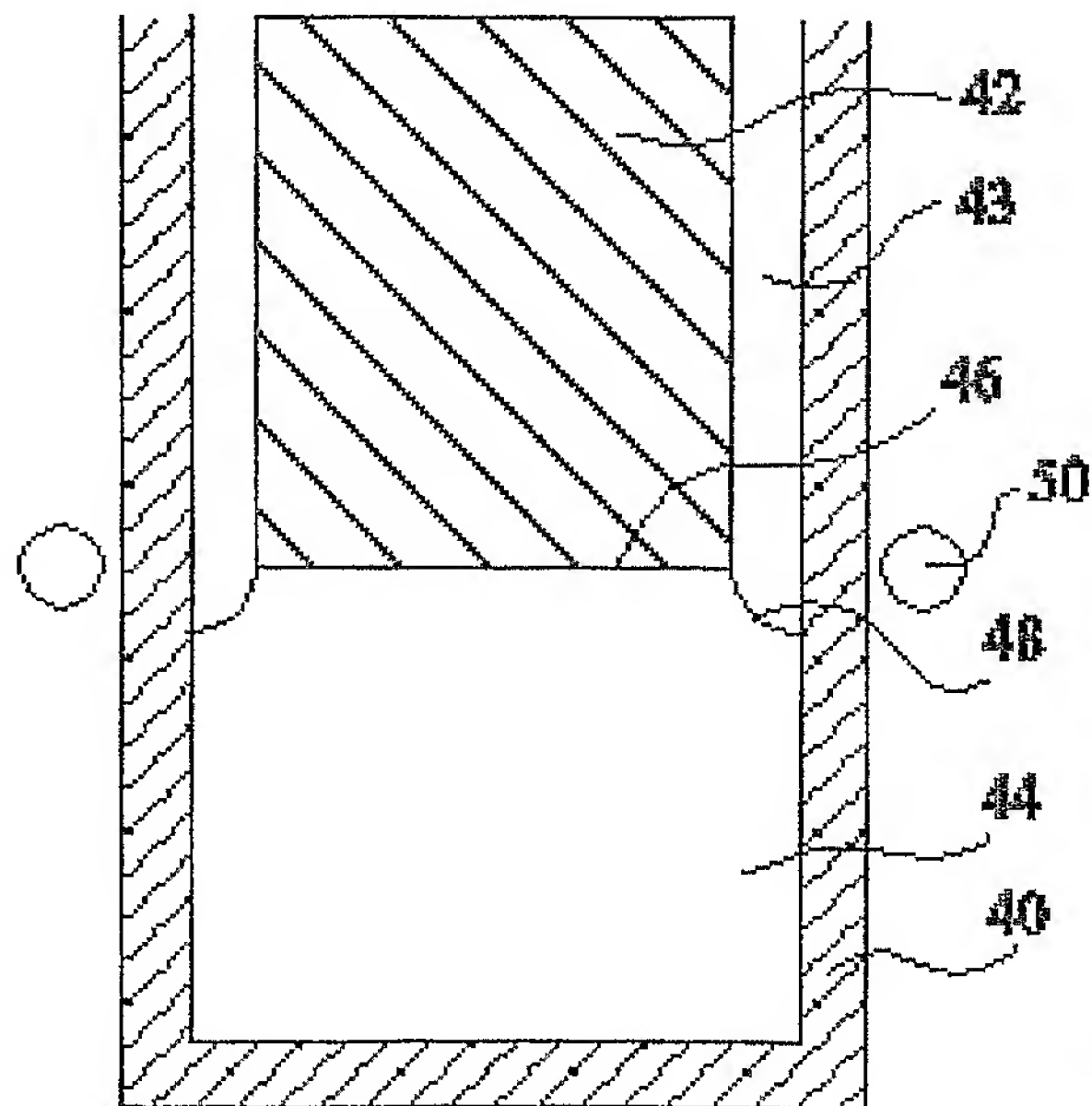


Fig 5

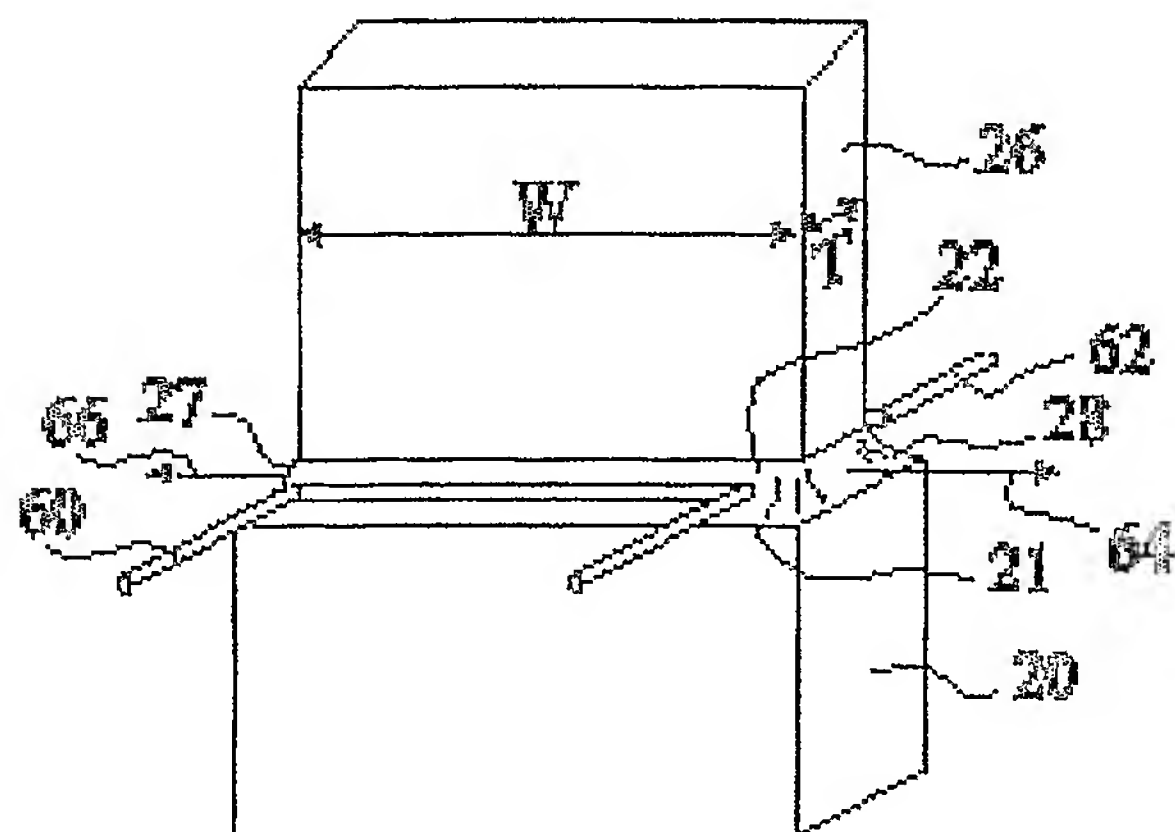
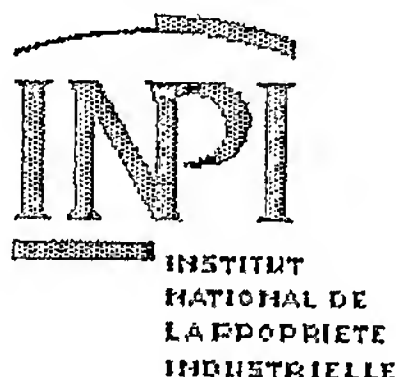


Fig 6



## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

### Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier	B6315
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL	
TITRE DE L'INVENTION	
	PROCEDE ET DISPOSITIF DE FABRICATION DE MONOCRISTAUX
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	DUFFAR
Prénoms	THIERRY
Rue	51, RUE DU DRAC
Code postal et ville	38000 GRENOBLE
Société d'appartenance	
Inventeur 2	
Nom	FOURNIER-GAGNOUD
Prénoms	ANNIE
Rue	24, RUE FELIX ESCLANGON
Code postal et ville	38000 GRENOBLE
Société d'appartenance	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Cabinet Michel de Beaumont, M.De Beaumont

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)





PCT/FR2005/050055

